

Penerapan Aspek Bioetika dalam Penggunaan Pestisida Nabati terhadap Pencegahan Hama Lingkungan (Studi Kasus di UPT Pengembangan Benih Hortikultura Dinas Ketahanan Pangan Pertanian dan Perikanan Kota Medan)

Bunga Ria Sitanggang¹, Nur Afliza², Rika Lidia Sibarani³, Ahmad Shafwan Pulungan⁴ dan Nurbaity Situmorang⁵

¹ Universitas Negeri Medan, Indonesia; email : bungasitanggang0@gmail.com

² Universitas Negeri Medan, Indonesia; email : bungasitanggang0@gmail.com

³ Universitas Negeri Medan, Indonesia; email : bungasitanggang0@gmail.com

⁴ Universitas Negeri Medan, Indonesia; email : bungasitanggang0@gmail.com

⁵ Universitas Negeri Medan, Indonesia; email : bungasitanggang0@gmail.com

* **Korespondensi Penulis** : Bunga Ria Sitanggang

Abstract: The study explores the application of bioethical aspects in the use of botanical pesticides for pest prevention in the environment at the Horticultural Seed Development Unit (UPT) under the Department of Agriculture and Fisheries. Utilizing a qualitative approach with quantitative elements, this research aims to deepen understanding regarding bioethical practices in botanical pesticide usage and evaluate its effectiveness in controlling pests. The population consists of employees and students involved in pesticide-related activities, selected through purposive sampling to ensure knowledgeable respondents. Key variables include the independent variable of botanical pesticide application and dependent variables such as pest population reduction, environmental impact, and the presence of beneficial non-target organisms like pollinators. The descriptive qualitative method combined with survey techniques provides insights into how bioethical principles are integrated into pest control strategies, promoting sustainable agricultural practices. This research contributes to advancing environmentally friendly pest management solutions while maintaining ecological balance.

Keywords: Bioethics; Pest Control; Pesticide Application.

Abstrak: Penelitian ini mengeksplorasi penerapan aspek bioetika dalam penggunaan pestisida nabati untuk pencegahan hama lingkungan di Unit Pelaksana Teknis (UPT) Pengembangan Bibit Hortikultura Dinas Pertanian dan Perikanan. Menggunakan pendekatan kualitatif dengan elemen kuantitatif, penelitian ini bertujuan untuk memperdalam pemahaman mengenai praktik bioetika dalam penggunaan pestisida nabati dan mengevaluasi efektivitasnya dalam mengendalikan hama. Populasi penelitian terdiri dari karyawan dan mahasiswa yang terlibat dalam kegiatan terkait pestisida, yang dipilih melalui purposive sampling untuk memastikan responden memiliki pengetahuan yang memadai. Variabel kunci meliputi variabel independen yaitu penerapan pestisida nabati, dan variabel dependen seperti penurunan populasi hama, dampak lingkungan, dan keberadaan organisme non-target yang bermanfaat seperti polinator. Metode kualitatif deskriptif yang dikombinasikan dengan teknik survei memberikan wawasan tentang bagaimana prinsip-prinsip bioetika diintegrasikan ke dalam strategi pengendalian hama, mempromosikan praktik pertanian yang berkelanjutan. Penelitian ini berkontribusi untuk memajukan solusi pengelolaan hama yang ramah lingkungan sambil menjaga keseimbangan ekologis.

Kata kunci: Bioetika; Pengendalian Hama; Penerapan Pestisida.

Diterima: 15 Maret 2025
Direvisi: 22 Maret 2025
Diterima: 29 Maret 2025
Diterbitkan: 05 Maret 2025
Versi sekarang: 05 April 2025



Hak cipta: © 2025 oleh penulis.
Diserahkan untuk kemungkinan publikasi akses terbuka berdasarkan syarat dan ketentuan lisensi Creative Commons Attribution (CC BY SA) (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)

1. Pendahuluan

Penerapan aspek bioetika dalam penggunaan pestisida terhadap pencegahan hama lingkungan di upt pengembangan bibit hortikultura dinas pertanian dan perikanan didasarkan pada kebutuhan untuk mengurangi dampak negatif penggunaan pestisida. Pestisida nabati adalah pestisida yang bahan aktifnya berasal dari tumbuhan dan berkhasiat dalam mengendalikan serangan hama pada tanaman. Pestisida ini dibuat dari bahan-bahan alami sehingga mudah terurai dan aman bagi lingkungan serta kehidupan makhluk hidup lainnya (Sutriadi et al., 2019). Alternatifnya, pestisida nabati menjadi solusi yang lebih ramah lingkungan. Pestisida nabati berasal dari senyawa bioaktif tumbuhan yang mudah terurai di alam dan tidak meninggalkan residu berbahaya. Senyawa ini juga memiliki berbagai mekanisme kerja, seperti sebagai penolak (repelen), penghambat makan (antifeedant), atau zat toksik bagi organisme pengganggu tanaman. Keunggulan lainnya adalah ketersediaan bahan baku yang berlimpah di Indonesia, mengingat keanekaragaman hayati yang tinggi (Tampubolon et al., 2018).

Penggunaan pestisida nabati juga sejalan dengan prinsip-prinsip bioetika, yaitu tidak merugikan (tidak merusak lingkungan), keadilan (keadilan bagi masyarakat dan ekosistem), serta keberlanjutan (keberlanjutan). Prinsip-prinsip ini mendukung terciptanya praktik pertanian yang tidak hanya produktif tetapi juga menjaga kelestarian lingkungan (tampubolon, et al 2018). Namun, meskipun memiliki banyak keunggulan, pestisida nabati masih mampu menahan tantangan. Salah satunya adalah kurangnya pengetahuan petani tentang cara pembuatan dan penggunaan. Selain itu, efektivitas pestisida nabati sering kali dianggap lebih rendah dibandingkan pestisida kimia sehingga perlu penelitian lebih lanjut untuk meningkatkan efisiensinya, melalui penelitian ini, upt pengembangan bibit hortikultura dinas pertanian dan perikanan diharapkan dapat menjadi model penerapan pestisida berbasis bioetika. Hal ini tidak hanya mendukung pertanian berkelanjutan tetapi juga meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap pentingnya menjaga keseimbangan ekosistem melalui tindakan pertanian yang bertanggung jawab secara etika dan lingkungan.

2. Tinjauan Literatur

2.1. Definisi Bioetika

Bioetika merupakan istilah yang relatif baru dan terbentuk dari dua kata Yunani (bios = hidup dan "ethos" = adat istiadat atau moral), yang secara harfiah berarti etika hidup (Nasrun, 2022). Bioetika dapat didefinisikan sebagai ilmu pengetahuan untuk mempertahankan hidup dan terpusat pada penggunaan ilmu-ilmu biologis untuk memperbaiki mutu hidup. Dalam arti yang lebih luas, bioetika adalah penerapan etika dalam ilmu-ilmu biologis, obat, pemeliharaan kesehatan dan bidang-bidang terkait. Sebagai sebuah etika rasional, bioetika bertitik tolak dari analisis tentang data-data ilmiah, biologis, dan medis. Keabsahan campur tangan manusia dikaji. Nilai transendental manusia disoroti dalam kaitan dengan sang pencipta sebagai pemegang nilai mutlak. Terkadang, istilah bioetika juga digunakan untuk mengganti istilah etika medis, yang mencakup masalah etis tentang ilmu-ilmu biologis seperti penyelidikan tentang hewan, serta usaha-usaha manipulasi spesies-spesies bentukan genetik non manusiawi. Acap kali, penggunaan istilah bioetika dan etika medis saling dipertukarkan (Lestari, R. 2023).

2.2 Prinsip – Prinsip Bioetika

a) Otonomi (Autonomy)

Otonomi merujuk pada penghormatan terhadap hak individu untuk membuat keputusan tentang hidup dan kesehatan mereka sendiri. Dalam konteks pertanian, prinsip ini menekankan pentingnya memberikan informasi yang cukup kepada petani dan konsumen agar mereka dapat membuat keputusan yang baik mengenai praktik pertanian dan konsumsi produk pangan.

b) Keadilan (Justice)

Keadilan berkaitan dengan distribusi sumber daya dan manfaat secara adil. Dalam pertanian, ini berarti memastikan bahwa semua pihak, termasuk petani kecil, masyarakat lokal, dan konsumen, memiliki akses yang sama terhadap sumber daya, teknologi, dan hasil pertanian.

c) Bermanfaat (Beneficence)

Prinsip ini menekankan tindakan yang memberikan manfaat dan mempromosikan kesejahteraan. Dalam konteks pertanian, ini termasuk praktik yang mendukung keberlanjutan, meningkatkan kesehatan tanah, dan hasil pertanian yang berkualitas.

2.3. Pentingnya Bioetika dalam Pertanian

Bioetika memainkan peran penting dalam konteks pertanian karena memberikan kerangka moral yang membantu dalam pengambilan keputusan terkait praktik pertanian yang berkelanjutan, etis, dan bertanggung jawab. Berikut adalah beberapa alasan mengapa bioetika sangat penting dalam bidang pertanian. Perlindungan Kesehatan dan Keselamatan Prinsip bioetika mengharuskan petani dan produsen untuk mempertimbangkan dampak dari praktik pertanian terhadap kesehatan manusia dan lingkungan. Penggunaan pestisida dan bahan kimia pertanian harus dinilai dari sudut pandang keselamatan agar tidak membahayakan konsumen dan ekosistem. Keadilan Sosial Bioetika mendorong keadilan dalam distribusi sumber daya dan peluang di bidang pertanian. Hal ini penting untuk memastikan bahwa petani, terutama yang kecil, memiliki akses terhadap teknologi, informasi, dan pasar yang adil, serta tidak diperlakukan secara diskriminatif. Keberlanjutan Dalam menghadapi tantangan perubahan iklim dan penurunan sumber daya alam, bioetika memberikan panduan dalam merancang praktik pertanian yang mendukung keberlanjutan lingkungan. Hal ini mencakup penggunaan teknik pertanian yang ramah lingkungan dan pelestarian jenis tanaman lokal. Penghormatan Terhadap Otonomi Petani Bioetika mengedepankan hak petani untuk membuat keputusan tentang praktik pertanian mereka sendiri. Ini penting dalam mempromosikan pemberdayaan petani dan menghormati tradisi lokal. Inovasi Bertanggung Jawab Dalam perkembangan bioteknologi dan rekayasa genetika, bioetika menyediakan kerangka kerja untuk menilai risiko dan manfaat dari teknologi baru, serta dampaknya terhadap masyarakat dan lingkungan (Mulyana, A. 2019).

2.4. Pestisida Nabati

Pestisida nabati adalah pestisida yang berasal dari tanaman atau bagian-bagian tanaman, seperti daun, bunga, biji, atau akar, yang digunakan untuk mengendalikan hama dan penyakit pada tanaman. Pestisida ini umumnya lebih ramah lingkungan dan dianggap memiliki risiko kesehatan yang lebih rendah dibandingkan dengan pestisida sintetik. Pestisida nabati dapat memiliki berbagai sifat, termasuk insektisida (mengendalikan serangga), fungisida (mengendalikan jamur), dan herbisida (mengendalikan gulma).

2.5. Strategi dan Teknik Pengendalian Hama yang Sesuai dengan Aspek Bioetika

a. Pengendalian Terpadu (Integrated Pest Management - IPM)

IPM merupakan pendekatan yang menggabungkan berbagai metode pengendalian hama untuk meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Teknik ini meliputi pemantauan hama secara berkala, penggunaan musuh alami (biologis), serta penggunaan pestisida yang lebih aman, seperti pestisida nabati.

b. Pengendalian Biologis

Teknik pengendalian ini melibatkan pemanfaatan musuh alami hama, seperti serangga predator dan parasit. Contohnya, penggunaan jenis kupu-kupu atau tawon parasit untuk mengendalikan populasi hama tertentu dapat mengurangi penggunaan pestisida kimia.

c. Pengendalian Fisik dan Mekanis

Penggunaan alat dan metode fisik, seperti perangkap dan jaring, untuk mencegah hama masuk ke area tanaman. Strategi ini dapat mengurangi populasi hama tanpa mengandalkan bahan kimia.

d. Pemanfaatan Tanaman

Penghalang Menanam tanaman tertentu di sekitar tanaman utama sebagai penghalang untuk menjauhkan hama. Contohnya, tanaman marigold bisa digunakan untuk mengusir kutu daun.

e. Penyuluhan dan Edukasi

Memberikan pelatihan kepada petani mengenai teknik pengendalian hama yang berkelanjutan dan ramah lingkungan. Edukasi ini penting agar petani memahami pentingnya menjaga keseimbangan ekosistem.

3. Metode

Penelitian ini dilaksanakan di UPT. Pengembangan Benih Hortikultura Dinas Ketahanan Pangan, Pertanian Dan Perikanan Kota Medan. Kegiatan ini berlangsung pada Rabu, 2 maret 2025. Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan beberapa elemen kuantitatif. Pendekatan kualitatif digunakan untuk menggali pemahaman mendalam tentang penerapan aspek bioetika dalam penggunaan pestisida nabati, sedangkan pendekatan kuantitatif digunakan untuk mengukur efektivitas penggunaan pestisida nabati dalam mengendalikan hama. Populasi dalam Penelitian ini adalah seluruh karyawan yang bekerja di UPT Pengembangan benih hortikultura dinas ketahanan pangan, pertanian dan perikanan dan mahasiswa yang terlibat dalam kegiatan penggunaan pestisida nabati. Sampel diambil secara purposive sampling, yaitu dengan memilih responden yang dianggap memiliki pengetahuan dan pengalaman dalam menggunakan pestisida nabati selama minimal satu tahun. sampel diharapkan mencakup kepala UPT, kepala TU, karyawan dan mahasiswa yang melakukan kegiatan magang untuk memberikan data yang representatif. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui Kuesioner terstruktur yang akan disebar kepada responden yang beraktfifitas di upt. terpilih untuk mengumpulkan data kuantitatif mengenai frekuensi dan jenis pestisida nabati yang digunakan, serta persepsi petani mengenai efektivitasnya dalam mengendalikan hama. Kuesioner juga akan mencakup pertanyaan tentang kesadaran petani dan terhadap dampak lingkungan dari penggunaan pestisida. Data dari kuesioner akan dianalisis menggunakan statistik deskriptif untuk menggambarkan karakteristik responden dan tingkat penggunaan pestisida nabati. Analisis komparatif juga dapat dilakukan untuk melihat hubungan antara penggunaan pestisida nabati dan efektivitas dalam pengendalian hama.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Tabel 1. Hasil Pengamatan Penggunaan Pestisida Nabati

No	Jenis pestisida nabati	Dosis (ml/l)	Efektifitas%
1.	Ekstrak daun nimba	10	80,2
2.	Ekstrak bunga marigold	15	85,1
3.	Ekstrak kulit buah mahoni	20	90,5

4.2. Tabel 2. Hasil Pengamatan

No	Parameter Lingkungan	Sebelum Penggunaan	Setelah Penggunaan
1.	Kadar Oksigen (mg/l)	5,2	6,1
2.	Kadar ph Tanah	6,5	6,8
3.	Jumlah Mikroorganisme Tanah Dampak Lingkungan	10,6	10,7

4.3. Tabel 3. Hasil Pengamatan Aspek Bioetika

No	Aspek bioetik	Skor (1-5)
1.	Penghormatan terhadap kehidupan	4,8
2.	Penghormatan terhadap lingkungan	4,9
3.	Penghormatan terhadap komunitas	4,7

4.4. Tabel 4. Hasil Pengamatan Efektivitas Pestisida Nabati

No	Jenis hama	Efektifitas (%)
1.	Hama kutu daun	85,2
2.	Hama ulat grayak	90,1
3.	Hama kumbang daun	88,5

Catatan :

- Skor 1-5 pada Tabel 3 menunjukkan tingkat penghormatan terhadap aspek bioetika, dengan 5 sebagai skor tertinggi.
- Efektifitas (%) pada Tabel 1 dan Tabel 4 menunjukkan persentase efektifitas pestisida nabati dalam mengendalikan hama dan penyakit.
- Parameter lingkungan pada Tabel 2 menunjukkan kondisi lingkungan sebelum dan setelah penggunaan pestisida nabati.

Penerapan Bioetika dalam Penggunaan Pestisida Nabati untuk Pencegahan Hama Lingkungan dimana Peningkatan produktivitas pertanian sering kali dihadapkan pada tantangan besar, salah satunya adalah masalah hama yang dapat mengancam hasil panen. Untuk mengatasi masalah ini, penggunaan bahan kimia berbahaya telah menjadi solusi utama selama beberapa dekade. Namun, ketergantungan terhadap pestisida kimia telah menimbulkan berbagai dampak negatif, seperti degradasi tanah, pencemaran lingkungan, dan ancaman terhadap organisme non-target. Oleh karena itu, muncul kebutuhan untuk mencari alternatif yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan, salah satunya adalah pestisida nabati. Pestisida nabati merupakan bahan alami yang berasal dari tumbuhan dengan sifat antimikroba atau anti hama. Penggunaannya tidak hanya mendukung ekosistem tetapi juga sejalan dengan prinsip bioetika, yaitu meminimalkan dampak buruk terhadap ekosistem dan makhluk hidup lainnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji penerapan aspek bioetika dalam penggunaan pestisida nabati di UPT Pengembangan Benih Hortikultura Kota Medan.

Dengan penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif dengan elemen kuantitatif untuk mengeksplorasi pemahaman mendalam tentang penerapan bioetika dalam penggunaan pestisida nabati. Data dikumpulkan melalui survei dan wawancara kepada karyawan UPT, mahasiswa magang, serta kepala unit terkait yang telah menggunakan pestisida nabati selama minimal satu tahun. Populasi penelitian mencakup seluruh karyawan UPT dan mahasiswa yang terlibat dalam kegiatan penggunaan pestisida nabati. Sampel dipilih secara purposive sampling untuk memastikan responden memiliki pengetahuan dan pengalaman yang relevan terkait topik penelitian dimana dengan Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan pestisida nabati memberikan beberapa manfaat penting bagi lingkungan dan ekosistem sekitar, di antaranya adalah :

- Efektivitas Pencegahan Hama**
Pestisida nabati mampu mengendalikan populasi hama tanpa merusak organisme non-target seperti serangga penyerbuk.
- Pengurangan Dampak Negatif**
Lingkungan Berbeda dengan pestisida kimia, pestisida nabati tidak menyebabkan pencemaran tanah atau udara peningkatan Kesadaran Bioetika Penggunaan pestisida nabati mendorong para petani dan pekerja hortikultura untuk lebih memahami pentingnya menjaga keseimbangan ekosistem dimana penerapan aspek bioetika dalam penggunaan pestisida nabati tidak hanya menjadi solusi praktis untuk mengatasi masalah hama tetapi juga mencerminkan komitmen terhadap kepunahan lingkungan. Prinsip bioetika menekankan tanggung jawab manusia dalam menjaga keseimbangan ekosistem sekaligus meminimalkan dampak negatif terhadap makhluk hidup lainnya, Walaupun terdapat beberapa tantangan dalam penerapan pestisida nabati, seperti kurangnya pengetahuan teknis di kalangan petani dan terbatasnya akses

terhadap bahan baku alami. Oleh karena itu, diperlukan program pelatihan dan edukasi yang lebih intensif untuk meningkatkan penerapan teknologi ini dimana Penelitian ini menegaskan bahwa penerapan bioetika dalam penggunaan pestisida nabati merupakan langkah penting menuju pertanian berkelanjutan. Dengan mengurangi ketergantungan pada pestisida, kita dapat melindungi lingkungan sekaligus meningkatkan produktivitas pertanian jangka panjang.

5. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan mengenai penerapan aspek bioetika dalam penggunaan pestisida nabati terhadap pencegahan hama lingkungan di UPT Pengembangan Benih Hortikultura Dinas Ketahanan Pangan, Pertanian, dan Perikanan Kota Medan, dapat disimpulkan bahwa pendekatan berbasis bioetika dalam penggunaan pestisida nabati memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem serta meningkatkan keberlanjutan sektor pertanian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan pestisida nabati tidak hanya efektif dalam mengendalikan hama tanaman, tetapi juga lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan pestisida kimia. Penerapan prinsip bioetika dalam penggunaannya didasarkan pada pertimbangan keberlanjutan lingkungan, kesejahteraan petani, serta keamanan bagi konsumen. Dengan demikian, pendekatan ini berkontribusi dalam mengurangi dampak negatif terhadap kesehatan manusia dan ekosistem secara keseluruhan. Selain itu, faktor-faktor seperti kesadaran petani, ketersediaan pestisida nabati, serta dukungan dari pemerintah dan lembaga terkait sangat berpengaruh terhadap keberhasilan implementasi metode ini. Tantangan yang dihadapi antara lain masih terbatasnya pemahaman petani mengenai teknik aplikasi pestisida nabati yang optimal serta kebutuhan akan penelitian lebih lanjut dalam meningkatkan efektivitasnya.

Dengan adanya penerapan aspek bioetika dalam pengelolaan hama berbasis pestisida nabati, diharapkan dapat terbentuk sistem pertanian yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan upaya sosialisasi, pelatihan, serta pengembangan lebih lanjut agar penggunaan pestisida nabati dapat diterapkan secara lebih luas dan efektif di berbagai sektor pertanian.

Referensi

- [1] M. Ghazali and A. Subandrio, "Dampak Penggunaan Pestisida Terhadap Kesehatan dan Lingkungan: Tinjauan untuk Praktek Pertanian Berkelanjutan," *Jurnal Ekologi Kesehatan*, vol. 17, no. 3, pp. 155–162, 2018.
- [2] R. D. Lestari, "Bioetika dalam Ilmu Kedokteran dan Multidisiplin Keilmuan," *Malahayati Health Student Journal*, vol. 3, no. 10, pp. 3218–3224, 2023.
- [3] S. Mardhiati and F. Nurcahyani, "Pestisida Nabati sebagai Alternatif Pengendalian Hama dan Penyakit Tanaman," *Jurnal Pertanian Berkelanjutan*, vol. 3, no. 2, pp. 145–152, 2019.
- [4] A. Mulyana, *Bioetika: Dasar-Dasar dan Penerapannya di Bidang Kesehatan dan Pertanian*. Yogyakarta: Penerbit Andi, 2019.
- [5] R. Nasution, "Pengaruh Pestisida Terhadap Lingkungan dan Kesehatan Manusia," *Jurnal Lingkungan dan Pembangunan*, vol. 6, no. 1, pp. 45–50, 2017.
- [6] T. Novianti and Seprianto, *Bioetika*. Jakarta: Universitas Esa Unggul, 2017.
- [7] M. T. Sutriadi, E. S. Harsanti, S. Wahyuni, and A. Wihardjaka, "Pestisida nabati: prospek pengendali hama ramah lingkungan," *Jurnal Sumber Daya Lahan*, vol. 13, no. 2, pp. 89–101, 2019.
- [8] A. Setiawan and A. Sumantri, "Pendekatan Pengendalian Hama Terpadu (IPM) sebagai Solusi Berkelanjutan dalam Pertanian," *Jurnal Agronomi Indonesia*, vol. 44, no. 2, pp. 113–120, 2016.
- [9] E. Supriyadi, "Prinsip-Prinsip Bioetika dalam Pengelolaan Sumber Daya Alam," *Jurnal Lingkungan dan Pembangunan Berkelanjutan*, vol. 7, no. 2, pp. 85–97, 2019.
- [10] M. Syahrir and M. Rahman, "Pestisida Nabati: Solusi Ramah Lingkungan dalam Pertanian Berkelanjutan," *Jurnal Agrikultura*, vol. 15, no. 1, pp. 23–30, 2020.
- [11] K. Tampubolon, F. N. Sihombing, Z. Purba, S. T. S. Samosir, and S. Karim, "Potensi metabolit sekunder gulma sebagai pestisida nabati di Indonesia," *Kultivasi*, vol. 17, no. 3, pp. 683–693, 2018.
- [12] A. Hasan, B. Tabassum, M. Hashim, and N. Khan, "Role of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) as a Plant Growth Enhancer for Sustainable Agriculture: A Review," *Bacteria*, vol. 3, no. 2, pp. 59–75, 2024. [Online]. Available: E-Journal.
- [13] R. Jannah and M. Jamilah, "Kajian Literatur: Penggunaan Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) untuk Meningkatkan Pertumbuhan dan Mengurangi Pemakaian Pupuk Anorganik pada Tanaman Pertanian," *Jurnal Agroekoteknologi Tropika Lembab*, vol. 5, no. 1, pp. 41–49, 2022. [Online]. Available: E-Journal.
- [14] A. Setiawan and A. Sumantri, "Pendekatan Pengendalian Hama Terpadu (IPM) sebagai Solusi Berkelanjutan dalam Pertanian," *Jurnal Agronomi Indonesia*, vol. 44, no. 2, pp. 113–120, 2016.
- [15] M. Syahrir and M. Rahman, "Pestisida Nabati: Solusi Ramah Lingkungan dalam Pertanian Berkelanjutan," *Jurnal Agrikultura*, vol. 15, no. 1, pp. 23–30, 2020.